



Analysis of DGNB-DK criteria for BIM-based Model Checking automatization

Gade, Peter; Svidt, Kjeld; Jensen, Rasmus Lund

Publication date:
2016

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Gade, P., Svidt, K., & Jensen, R. L. (2016). *Analysis of DGNB-DK criteria for BIM-based Model Checking automatization*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports No. 210

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITY

Analysis of DGNB-DK criteria for BIM-based Model Checking automatization

**Peter Gade
Kjeld Svidt
Rasmus Lund Jensen**

Aalborg University
Department of Civil Engineering
Division of Architectural Engineering

DCE Technical Report No. 210

Analysis of DGNB-DK criteria for BIM-based Model Checking automatization

by

Peter Gade
Kjeld Svidt
Rasmus Lund Jensen

September 2016

© Aalborg University

Scientific Publications at the Department of Civil Engineering

Technical Reports are published for timely dissemination of research results and scientific work carried out at the Department of Civil Engineering (DCE) at Aalborg University. This medium allows publication of more detailed explanations and results than typically allowed in scientific journals.

Technical Memoranda are produced to enable the preliminary dissemination of scientific work by the personnel of the DCE where such release is deemed to be appropriate. Documents of this kind may be incomplete or temporary versions of papers—or part of continuing work. This should be kept in mind when references are given to publications of this kind.

Contract Reports are produced to report scientific work carried out under contract. Publications of this kind contain confidential matter and are reserved for the sponsors and the DCE. Therefore, Contract Reports are generally not available for public circulation.

Lecture Notes contain material produced by the lecturers at the DCE for educational purposes. This may be scientific notes, lecture books, example problems or manuals for laboratory work, or computer programs developed at the DCE.

Theses are monographs or collections of papers published to report the scientific work carried out at the DCE to obtain a degree as either PhD or Doctor of Technology. The thesis is publicly available after the defence of the degree.

Latest News is published to enable rapid communication of information about scientific work carried out at the DCE. This includes the status of research projects, developments in the laboratories, information about collaborative work and recent research results.

Published 2016 by
Aalborg University
Department of Civil Engineering
Thomas Manns Vej 23
DK-9220 Aalborg Ø, Denmark

Printed in Aalborg at Aalborg University

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 210

Abstract

This report includes the results of an analysis of the automation potential of the Danish edition of building sustainability assessment method Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) for office buildings version 2014 1.1. The analysis investigate the criteria related to DGNB-DK and if they would be suited for automation through the technological concept BIM-based Model Checking (BMC).

|

Contents

Introduction 7

Method 7

Analysis 8

Results19

Conclusions19

References19

|

Introduction

Automating rule assessment of building designs requires translation of rules made for human use to rules understandable for computers. This technical report contains an analysis of Danish edition of the building sustainability assessment method Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) for office buildings version 2014 1.1.[1].

The analysis of DGNB-DK will help to determine what aspects of DGNB-DK is most important to automate first.

Method

Two recent classification methods for BMC rules by Solihin & Eastman [2] and Hjelseth [3] were deemed inconsistent to classify rules with in relation to this context. Much interpretation was required, and it was difficult to ensure consistent results of rule classification every time. Rule classification is a complex task. Large works by the Business Rule Group [4] reveal many abstract faces to rule classification. Aspects that is not covered in current literature dealing with rule classification in relation to BMC [2,3].

In this report, the rules of DGNB-DK are analyzed on a simple but important premise. Rules can either be classified as the following:

1. Explicit formulated rules

Evaluation of rule ECO1.1 [1]

Evalueringspoint		
Gruppe	Tjeklistepoint (TLP)	LCC (DKK/m ²)
A	100	≤ 21.000
B	90	≤ 23.000
C	80	≤ 25.000

2. Be implicit formulated in prose

Evaluation of rule SOC1.7-1.1 [1]

BESKRIVELSE	TLP
Adgangsveje og parkeringspladser er delvist overskuelige og med åbent indkig.	1

Translated text: "Partial overview of access roads and parking lots and open with a look inside."

It is, however, acknowledged that rules described in manuals like DGNB-DK are described in prose to set the scene for the human reader. Therefore, the analysis focuses on the evaluation tables, which constitute how the criteria are evaluated. All of the criteria contain prose outside the tables where nuances to the rules are formulated, these are not considered in this analysis. This analysis focus on the evaluation tables found at the end of the description of the criteria in the DGNB-DK manual.

Analysis

The results of the analysis are portrayed in Table 1.

Table 1: Classification of sub-criteria in DGNB-DK

Nr.	Criteria	Indications	Explicite formulated rules	Implicite formulated rules	Score Weight	Nr. of explicite sub-criteria	Nr. of implicit sub-criteria	Total nr. of sub-criteria	Explicit %	Explicit weighted value	Implicit %	Implicit weighted value
ENV1.1	Livscyklusvurdering (LCA) - Miljøpåvirkninger				7,9	5	0	5	100%	7,9	0	0
	1.	Global opvarming (GWP)	x									
	2.	Ozonnedbrydning (ODP)	x									
	3.	Fotokemisk ozondannelse (POCP)	x									
	4.	Forsuring (AP)	x									
	5.	Næringssaltbelastning (EP)	x									
ENV1.2	Miljørisici relateret til byggevarer		x		3,4	1	0	1	100%	3,4	0	0
ENV1.3	Miljøvenlig indvinding af materialer				1,1	3	0	3	100%	1,1	0	0
	1.	Anvendelse af træ og træmateriale	x									
	1.1	forskallingstræ	x									
	2.	Anvendelse af natursten	x									
ENV2.1	Livscyklusvurdering (LCA) - Primærenergi				5,6	3	0	3	100%	5,6	0	0
	1.	Forbrug af ikke-vedvarende primærenergi (PE _{nr})	x									
	2.	Samlet forbrug af primærenergi (Petot)	x									
	3.	Andel af vedvarende primærenergi	x									
ENV2.2	Drikkevandsforbrug og spildevandsudledning		x		2,3	1	0	1	100%	2,3	0	0
ENV2.3	Effektiv arealanvendelse				2,3	2	2	4	50%	1,15	0,5	1,15
	1.1	Anvendelse af "genbrugsarealer" vs. anvendelse af ubebyggede arealer		x								
	1.2	Bebyggelsestætheden	x									
	2	Miljømæssige forbedringer af arealet										
	2.1	Oprensning af forurennet jord.		x								

	7.	Asymmetrisk strålingstemperatur og gulvtemperatur/sommerperiode	X									
	8.	Relativ luftfugtighed/sommerperiode	X									
SOC1.2	Indendørs luftkvalitet				2,4	2	0	2	100%	2,4	0	0
	1.	Flygtige organiske forbindelser (VOC)	X									
	2.	Ventilationsrate	X									
SOC1.3	Akustisk komfort											
Er ikke med i Etage egendomme!	1.	Enkeltkontorer og kontorer < 40 m ²										
	2.	Åbne kontorlandskaber > 40 m ²										
	3.	Auditorier og konferencerum										
	5.	Kantiner >50 m ²										
	2.	Ventilationsrate										
SOC1.4	Visuel komfort				2,6	3	4	7	43%	1,114286	0,57142857	1,485714286
	1.	Dagslys i bygningen	X									
	2.	Dagslys på permanente arbejdspladser	X									
	3.	Udsyn		X								
	4.	Ingen blænding ved dagslys		X								
	5.	Ingen blænding ved kunstig lys		X								
	6.	Lysfordeling fra elektrisk belysning		X								
	7.	Farvegengivelse	X									
SOC1.5	Brugernes muligheder for styring af indeklimaet				1,6	0	7	7	0%	0	1	1,6
	1.	Ventilation		X								
	2.	Solafskærmning (udvendig eller ml. ruder)		X								
	3.	Blændingsbeskyttelse		X								
	4.	Temperaturer i fyringssæson		X								
	5.	Temperaturer i sommerperioden		X								

	6.	Styring af elektrisk belysning		X								
	7.	Betjeningsvenlighed		X								
SOC1.6	Kvalitet af udendørs friarealer				0,9	4	10	14	29%	0,257143	0,71428571	0,642857143
	1.1	Aktivering af tagflader	X									
	1.2	Tagbeplantningens type	X									
	1.3	Facadeintegrerede udearealer		X								
	1.4	Bygningsintegrerede udearealer		X								
	1.5	Særlige arealer i stueetagen		X								
	1.6	Beplantning på facader	X									
	1.7	Orientering af bygningsrelaterede friarealer, tag- og facadearealer i forhold til verdenshjørner	X									
	2.1	Integrering af nødvendige tekniske opbygninger		X								
	2.2	Designkoncept for udendørs anlæg		X								
	2.3	Beplantningstype på terræn, tag og facade		X								
	2.4	Driftsaftale eller plejeplan for beplantningen		X								
	2.5	Social anvendelse af udearealer		X								
	2.6	Koncept for forbedringer af mikroklimaet		X								
	2.8	Kendetegn ved udearealernes indretningsselementer		X								
SOC1.7	Tryghed og sikkerhed				0,9	2	7	9	22%	0,2	0,77777778	0,7
	1.1	Overskuelige veje og parkeringspladser		X								
	1.2	Oplysning af veje og parkering	X									
	1.4	Vejne til cykelparkeringaplader	X									
	1.5	Tekniske sikkerhedsanordninger		X								
	1.6	Sikkerhed uden for almindelige arbejds og åbningstider		X								
	2.1	Evakueringsplaner		X								
	2.3	Forebyggelse af risikoen for		X								

		brandgas										
	2.4	Flugtveje uden forhindringer		X								
	2.5	Betjeningsanvisninger for ventilationsanlæg		X								
SOC2.1	Tilgængelighed				1,7	0	7	7	0%	0	1	1,7
	1.	Parkering, afsætning og adgangsveje		X								
	2.1	Adgangsveje i bygning (generelt)		X								
	2.2	Adgangsveje i bygning (døre)		X								
	2.3	Adgangsveje i bygning (trapper)		X								
	2.4	Adgangsveje i bygning (elevatore)		X								
	3.	Toilet og baderum		X								
	4.	Reception og serviceareal		X								
SOC2.2	Offentlig Adgang				1,7	0	5	5	0%	0	1	1,7
Ikke i Etageeendomme	1.	Principiel adgang til bygningen		X								
	2.	Åbning af udeanlæg for omverdenen		X								
	3.	Åbning af faciliteter i bygningen for omverdenen		X								
	4.	Mulighed for udleje af lokaler til udenforstående		X								
	5.	Variation i anvendelse af offentligt tilgængelige arealer		X								
SOC2.3	Forhold for cyklister				0,9	3	2	5	60%	0,54	0,4	0,36
	1.1	Cykelparkeringspladsernes antal og indretningsprincip	X									
	1.2.1	Cykelparkeringspladsernes placering		X								
	1.2.2	Cykelparkeringspladsernes afstand i forhold til hovedindgangen/indgangene	X									
	1.3	Cykelparkeringspladsernes indretningsniveau		X								
	2.1	Tilbud til cyklister	X									
SOC3.1	Arkitektonisk kvalitet				2,6	0	9	9	0%	0	1	2,6
	1.1	Gennemførelse af en arkitektkonkurrence		X								
	1.2	Konkurrenceproces		X								

	1.3	Implementering af det vindende projekt		X								
	1.4	Udpegning af designteamet		X								
	2.1	Gennemførelse af en totalentreprisekonkurrence		X								
	2.2	Vægtning af arkitektonisk kvalitet		X								
	2.3	Mulighed for variation i løsningsforslag		X								
	3.	Jurybedømmelse		X								
	4.	Forudgående variantundersøgelse		X								
SOC3.2	Bygningsintegreret kunst				0,9	2	2	4	50%	0,45	0,5	0,45
	1.	Finansielle midler til bygningsintegreret kunst	X									
	2.	involvering af kunstnere og kunsteksperter	X									
	3.	Offentliggørelse		X								
	4.	Alternativ dokumentation		X								
SOC3.3	Plandisponering				0,9	0	11	11	0%	0	1	0,9
	1.1	Bygningstypens mulighed for differentieret anvendelse		X								
	1.2.1	Fællesfaciliteter og opholdsarealer inde i bygningen		X								
	1.2.2	Multifunktionsrum		X								
	1.2.3	Ekstra tilbud for brugerne		X								
	1.2.4	Børnepasning og/eller skifte- og ammerum		X								
	2.2.1	forudsætninger for at adgangsveje kan bruges til andre anvendelser		X								
	2.2.2	opholdskvalitet i adgangsvejene		X								
	2.4.1	Visuelle relationer til omgivelserne		X								
	2.4.2	Udsigt		X								
	2.5	Indendørs orientering		X								
	2.6	Integreret udformningsdesign/møblerbarhed		X								
TEC1.1	Brandsikring				4,1	0	3	3	0%	0	1	4,1

	4.1	Systemintegration - tilstand og mulighed for udbygning		X								
	4.2	Integration af funktioner i et overordnet system		X								
TEC1.5	Bygningens vedligehold og rengøringsvenlighed				4,1	1	7	8	13%	0,5125	0,875	3,5875
	1.	Bærende konstruktioner		X								
	2.	Ikke bærende konstruktioner - ude (glas)		X								
	3.1	Gulvbelægning		X								
	3.2	Smudsopsamlingszone		X								
	3.3	Rengøringsvenlig indretning - Radiator	X									
	3.3	Placering af trappeværn		X								
	3.3	Er toiletter indrettet så de er rengøringsvenlige		X								
	3.3	Er søjlerne placering med tilstrækkelig afstand til øvrige bygningsdele		X								
TEC1.6	Egnethed med henblik på nedtagning og genanvendelse				4,1	0	4	4	0%	0	1	4,1
	1.	Arbejdsindsats ved nedtagning af bygningsdelen		X								
	2.	Koncept for nedtagning og genanvendelse		X								
	3.	Vurdering af materialernes ressourceudnyttelse		X								
PRO1.1	Kvalitet i forberedelsen af projektet				1,4	0	3	3	0%	0	1	1,4
	1.	Indledende rådgivning		X								
	2.	Bæredygtighedsmål for projektet		X								
	3.	Brugerens indflydelse på energiforbruget		X								
PRO1.2	Integreret design proces				1,4	0	4	4	0%	0	1	1,4
	1.	Interdisciplinært design team		X								
	2.	Brugerindflydelse		X								
	3.	Borgerdeltagelse		X								
	4.	Bæredygtighedsplan		X								

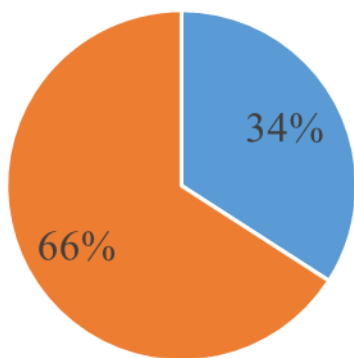
PRO1.3	Vurdering og optimering af kompleksitet i planlægningen				1,4	0	12	12	0%	0	1	1,4
	1.	Energikoncept		X								
	2.	Vandkoncept		X								
	3.	Optimering af dagslys/kunstigt lys		X								
	4.	Affaldskoncept		X								
	5.	Målings- og overvågningskoncept		X								
	6.	Koncept til understøtning af bygningens fleksibilitet i forhold til ombygning, nedrivning og genanvendelse		X								
	7.	Koncept til sikring af bygningens rengørings- og vedligeholdelsesvenlighed		X								
	8.	Vurdering af alternative løsninger ved hjælp af livscyklusvurderinger, LCA		X								
	9.	Vurdering af alternative løsninger baseret på levetidsomkostninger, LCC		X								
	10.1	Kvalitetssikring i udførelsen af brandsikringskonceptet - planlægning		X								
	10.2	Kvalitetssikring i udførelsen af brandsikringskonceptet - ibrugtagning		X								
	11.	Koncept for klimasikring		X								
PRO1.4	Bæredygtighedsaspekter i forbindelse med udbudsmateriale og ordretildeling				1,9	0	2	2	0%	0	1	1,9
	1.	Integration af bæredygtighedsaspekter i udvælgelseskriterierne		X								
	2.	Integration af bæredygtighedsaspekter i tildelingskriterierne		X								
PRO1.5	Vejledning om vedligehold og brug af bygningen				1	0	3	3	0%	0	1	1
	1.	Vejledning om vedligehold, inspektion og drift		X								
	2.	Opdatering af tegningsmateriale, skemaer, beregninger og anden dokumentation, som bygget		X								
	3.	Udfærdigelse af		X								

		brugerhåndbogen										
PRO2.1	Byggeplads/Byggeproces				1	0	6	6	0%	0	1	1
	1.	Minimering og sortering af affald på byggepladsen		x								
	2.	Lavt støj- og vibrationsniveau på byggepladsen		x								
	3.	Byggeplads med lavt støvniveau		x								
	4.	Miljøbeskyttelse på byggepladsen (miljøbeskyttelse af byggegrund)		x								
	5.	Energiforbrug på byggepladsen		x								
	6.	Naboinformation		x								
PRO2.2	Dokumentation af kvalitet i udførelsen				1,4	0	4	4	0%	0	1	1,4
	1.	Dokumentation af de anvendte materialer og hjælpstoffer		x								
	2.1	Måling af lufttætheden og termografisk undersøgelse		x								
	2.2	Måling af lydisolering/støjbeskyttelse		x								
	2.3	Fugtindhold i byggematerialer		x								
PRO2.3	Commissioning			x	1,4	0	1	1	0%	0	1	1,4
SITE1.1	Mikroområde				0	7	4	11	64%	0	0,36363636	0
	1.	Jordskælv		x								
	2.	Uvejr		x								
	3.	Oversvømmelse	x									
	4.1	Udeluft - partikler	x									
	4.2	Udeluft - Ozon	x									
	4.3	Udeluft - Kvælstofoxid	x									
	5.	Udendørs støjniveau	x									
	6	Jordbundsforhold		x								
	7.	Elektromagnetiske felter	x									
	8.	Radon	x									
	9.	Laviner		x								
SITE1.2	Områdets og kvarterets image og tilstand				0	0	2	2	0%	0	1	0
	1.	Ekspertudtalelse		x								

Results

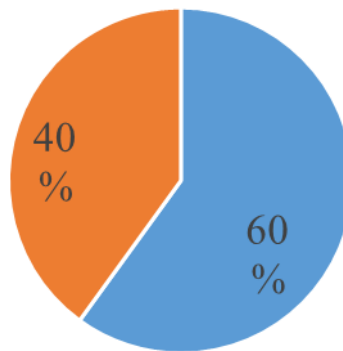
The results of the analysis showed that of 39 criteria, there were identified 214 sub-criteria. The criteria without sub-criteria counts as having one sub-criteria. 34 % could be categorized to contain explicitly formulated rules. 66 % of the sub-criteria were categorized to contain rules formulated implicitly, Figure 1. The analysis show that 60 % of the DGNB-DK score is based on explicitly formulated rules and 40 % of the score is by implicitly formulated rules, Figure 2.

- Most of the sub-criteria in DGNB-DK contain implicitly formulated rules.
- The explicitly formulated rules weigh the most according to the score of DGNB.DK.



■ Explicite formulated rules
■ Implicite formulated rules

Figure 1: Classification of formulated rules in DGNB-DK criteria.



■ Weighted value of explicit formulated rules
■ Weighted value of implicit formulated rules

Figure 2: DGNB-DK score weight relative to formulation of rules

Conclusions

This results from the analysis show that DGNB-DK is by large implicit formulated. However, the weight of the score represented by 60 % in the criteria are explicit formulated rules. From this analysis, it is indicated that DGNB-DK is a qualified subject for further research to automate the rules. Automating DGNB-DK's rules will allow the designers for assessing the most important criteria related to the DGNB-DK assessment of buildings.

References

- [1] Green Building Council Denmark, DGNB System Denmark, 2014.
- [2] W. Solihin, C. Eastman, Classification of rules for automated BIM rule checking development, *Autom. Constr.* 53 (2015) 69–82. doi:10.1016/j.autcon.2015.03.003.
- [3] E. Hjelseth, Foundations for BIM-based model checking systems, 2015.
- [4] D. Hay, K.A. Healy, Defining business rules: what are they really?, 2000. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2003.12.007.

Recent publications in the DCE Technical Report Series

